



**Encontro da Sociedade
Brasileira de Economia
Ecológica**

Brasília, 4 a 8 de Outubro de 2011

Políticas Públicas e a Perspectiva da Economia Ecológica

IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO
Outubro de 2011
Brasília - DF - Brasil

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COM BASE EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO.

Sergio Gomes Tôsto (EMBRAPA) - sgtosto@gmail.com
Engenheiro Agrônomo - Pesquisador

Lauro Charlet Pereira (EMBRAPA) - lauro@cnpma.embrapa.br
Engenheiro Agrônomo - Pesquisador

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COM BASE EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO.

Eixo temático: Crescimento e meio ambiente

RESUMO

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em 1992 (Rio-92), ratificou a necessidade de se integrar meio ambiente e desenvolvimento para a formulação de políticas públicas. Indicadores ambientais representam ferramentas para a comunicação de informações sintéticas sobre o estado do meio ambiente, tanto aos formuladores de política quanto ao público em geral (GUTIÉRREZ-ESPELETA, 1998). A cultura da cana-de-açúcar encontra-se em expansão no Estado de São Paulo. Este fato decorre principalmente de perspectivas favoráveis da demanda por álcool combustível, no mercado interno e externo, e pelos preços competitivos do açúcar brasileiro no mercado internacional. O rápido desenvolvimento do setor sucroalcooleiro pode acarretar impactos ambientais negativos e externalidades, entre elas: o uso, ocupação e degradação de ecossistemas florestais, principalmente das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal (RL); emissões de gases de efeito estufa decorrentes das queimadas; assoreamento dos corpos d'água; contaminação de cursos d'água e lençol freático. Este trabalho foi desenvolvido no município de Araras, que possui cerca de 53% de suas terras ocupadas com a atividade de cana-de-açúcar, seguida de citricultura com 19% e mata ciliar com 12%, além de culturas anuais e pastagem que totalizam cerca de 5% (TÔSTO, 2010). O principal objetivo foi elaborar índices de sustentabilidade ambiental para a cultura da cana-de-açúcar, em dois sistemas de manejo: colheita mecanizada e colheita com auxílio da queimada. Para a elaboração do trabalho utilizou-se como fundamento básico a análise multicritério de apoio à decisão, que se baseia em um paradigma construtivista para definir os indicadores de sustentabilidade e os resultados mostraram que o índice de sustentabilidade ambiental da cana-de-açúcar mecanizada foi aproximadamente 50% superior ao encontrado para a cana-de-açúcar queimada. A partir de uma análise comparativa dos índices de

sustentabilidade, verificou-se que apesar da cana-de-açúcar mecanizada ser superior, isto não reflete suas condições ótimas de exploração, necessitando portanto de melhoria de manejo, nos critérios avaliados.

ABSTRACT

The United Nations Conference on Environment and Development, held in 1992 (Rio-92), confirmed the need to integrate environment and development for the formulation of public policies. Environmental indicators are tools for reporting summary information on the state of the environment, both to policymakers and the general public (GUTIÉRREZ-ESPELETA, 1998). The cultivation of sugar cane is expanding in the state of Sao Paulo, This fact is mainly due to favorable demand outlook for ethanol fuel, internal and external market and competitive prices of Brazilian sugar in the international market. The rapid development of ethanol producers may cause negative environmental impacts and externalities, including: the use, occupation and degradation of forest ecosystems, especially the Permanent Preservation Areas (PPAs) and the Legal Reserve (RL), emissions of greenhouse gases resulting from burns; siltation of water bodies, contamination of waterways and groundwater. This work was conducted in the city of Araras, which has about 53% of its land occupied by the activity of cane sugar, citrus, followed by 19% and 12% riparian, and annual crops and pasture totaling about 5% (TOSTO, 2010). The main objective was to develop indices of environmental sustainability for the cultivation of sugar cane in the cropping systems: mechanical harvesting and harvesting with the aid of fire. We used multi-criteria analysis decision support constructivist-MCDA-C (ROY, 1986) to define sustainability indicators and the results show that the index of environmental sustainability of sugar cane mechanized was approximately 50% higher than that found for sugar cane burning. From a comparative analysis of sustainability indexes, it was found that although cane sugar is more mechanized, it does not reflect their optimal operating conditions, therefore requiring improved management of the criteria evaluated.

PALAVRAS-CHAVE: pesquisa operacional; planejamento e gestão ambiental; qualidade ambiental.

INTRODUÇÃO

A ocupação do município de Araras iniciou-se na segunda metade do século XIX com o estabelecimento da cultura do café, atraída principalmente pela alta fertilidade natural das terras. Nesse período, grandes extensões de florestas mesófilas semidecíduas, matas paludícolas e áreas de cerrados foram desmatadas para dar suporte à introdução da atividade agrícola.

Na década de 20 do século XIX, houve uma substituição paulatina da exploração do café por cana-de-açúcar, fruticultura e pecuária, muito embora a cafeicultura fosse importante também naquele momento.

Com o movimento de desconcentração das atividades econômicas e industriais ocorrida, a partir da década de 70, formou-se uma malha urbana contígua à metrópole e no sentido dos grandes eixos rodoviários, beneficiando assim a região. Neste período, políticas públicas implantadas, especialmente o Programa Nacional do Alcool, foram importantes para a definição dos contornos da paisagem, principalmente pelos incentivos oferecidos à produção da cana-de-açúcar e ao fomento econômico de toda a sua cadeia produtiva.

O município de Araras, SP, está localizado entre as longitudes de 47°15' e 47°30' a oeste de Greenwich e as latitudes de 22°10' e 22°30' no hemisfério Sul, distando 174 km da capital do estado de São Paulo, ocupando uma área de 64.341,60 ha.

Seus limites são: ao norte, a cidade de Leme, ao sul as cidades de Limeira e Cordeirópolis, a leste as cidades de Artur Nogueira, Mogi-Guaçu e Conchal, e a oeste as cidades de Rio Claro, Santa Gertrudes e Corumbataí.

O clima de Araras apresenta temperatura média anual de 21,4°C, com a mínima no mês de julho de 17,7°C e a máxima no mês de fevereiro de 24,1°C. A precipitação anual é de 1.441 mm, com déficit hídrico ocorrendo entre os meses de abril a outubro. O regime térmico do ar acompanha um padrão apresentado pelas estações do ano, variando gradativamente, ou seja, médias mensais elevadas no verão, ligeiro decréscimo no outono, valores mais baixos no inverno e acréscimo na primavera (SENTELHAS et al., 2003).

A cultura da cana-de-açúcar encontra-se em expansão no Estado de São Paulo. Este fato decorre principalmente de perspectivas favoráveis da demanda por álcool combustível, no mercado interno e externo, e pelos preços competitivos do açúcar brasileiro no mercado internacional. O rápido desenvolvimento do setor sucroalcooleiro pode acarretar impactos ambientais negativos e externalidades, entre elas: o uso, ocupação e degradação de ecossistemas florestais, principalmente das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal (RL); emissões de gases de efeito estufa decorrentes das queimadas; assoreamento dos corpos d'água; e contaminação de cursos d'água e do lençol freático.

Indicadores ambientais representam ferramentas para a comunicação de informações sintéticas sobre o estado do meio ambiente aos formuladores de política e ao público em geral. São obtidos através de parâmetros estatísticos e podem ser baseados em medidas físicas, químicas ou biológicas associadas com os aspectos ambientais de fatores socioeconômicos. São considerados também como ferramentas para a provisão de bases sólidas para a tomada de decisão em todos os níveis, contribuindo para uma relação sustentável entre sistema econômico e meio ambiente (GUTIÉRREZ-ESPELETA, 1998).

Ainda de acordo com Gutiérrez-Espeleta (1998), indicadores ambientais devem agregar informações básicas em simples ou complexas medições, de maneira que sua utilidade seja determinada pela dinâmica do processo de tomada de decisões. Por si sós, os indicadores ambientais são incapazes de resolver os problemas ambientais, mas eles podem (e devem) ser considerados como importantes mecanismos de suporte à tomada de decisões, envolvendo questões ambientais.

Genericamente, para atender aos seus objetivos, um indicador deve apresentar certas características, como relevância prática e política, solidez analítica e mensurabilidade. Além destes atributos, os indicadores devem necessariamente preencher dois requisitos básicos: a representatividade de um fenômeno mais amplo e a comparabilidade com um objetivo específico ou valor de referência (BAKKES et al., 1994).

Esses autores afirmam que um conjunto de indicadores deve se adequar a usuários particulares, levando em consideração diferentes níveis de sofisticação ou de simplicidade requeridos e o fato de que diferentes tipos de decisão exigem

diferentes tipos de informação. Em última instância, é preciso se ter em mente que indicadores (ambientais ou não) devem sempre cumprir a função de simplificação. Ou seja, indicadores devem ser construídos de maneira tal que cumpram a sua função de reduzir uma grande quantidade de informações a uma única medida que retenha os significados essenciais para as questões levantadas.

Do ponto de vista dos indicadores ambientais, estes devem ser utilizados para avaliar as condições e as tendências em escalas global, regional e local, comparar países e regiões, prever e projetar tendências futuras, fornecer informações prévias em caráter de advertência e, finalmente, avaliar as condições atuais em relação a objetivos e metas estipuladas (TUNSTALL, 1992). Tais metas podem ser agrupadas em três categorias básicas de finalidade dos indicadores ambientais, propostas pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE): i. mensuração da performance ambiental; ii. integração de preocupações ambientais às políticas setoriais; e iii. integração mais ampla das questões ambientais no âmbito das políticas econômicas.

Em se tratando dos indicadores de qualidade ambiental, estes são utilizados para avaliar a capacidade do meio ambiente em manter a saúde ecológica e humana. Eles podem antecipar iminentes problemas ambientais e aumentar a habilidade dos implementadores de política em lidar com esses problemas. Também podem ser utilizados para avaliar o progresso realizado no alcance de objetivos ambientais de curto e longo prazo.

Genericamente, podem ser identificados dois tipos de indicadores ambientais: retrospectivos e prospectivos. Estes últimos são utilizados na fase de planejamento da política e sua finalidade é apresentar previsões acerca do futuro, apresentando, assim, um caráter especulativo. De outro lado, os indicadores retrospectivos são utilizados para descrever a implementação de políticas, avaliando seus resultados e impactos. Independente do tipo de indicadores, o mais relevante é conhecer em qual fase da política (planejamento, implementação, avaliação) os indicadores devem ser apresentados (BAKKES et al., 1994).

Conforme o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), existem cinco diferentes tipos de indicadores ambientais: i. indicadores de estado do meio ambiente, os quais refletem sua qualidade (indicadores de qualidade

ambiental); ii. indicadores de impacto do meio ambiente; iii. indicadores econômico-ambientais que avaliam os custos e benefícios; iv. indicadores de desenvolvimento sustentável ou indicadores de performance, os quais avaliam as realizações de longo-prazo; e v. indicadores de saúde ambiental, que revelam as inter-relações entre riscos ambientais e saúde humana.

BKKES et al. (1994) sugere que a classificação dos indicadores ambientais pode ser vista de três maneiras diferentes, mas complementares. Em primeiro lugar, os indicadores podem ser classificados pelo seu uso, incluindo os objetivos de advertência prévia, desenvolvimento científico ou construção de política. Podem também ser classificados de acordo com o seu “tópico”, no sentido de que, frequentemente, os indicadores ambientais descrevem um compartimento do meio ambiente (água ou ar, por exemplo) ou um tema de poluição (acidificação ou “desfertilização”, por exemplo). Por fim, estes autores também apontam para a classificação dos indicadores ambientais em função de sua posição dentro de uma cadeia de causalidade (indicadores de *stress* ambiental, indicadores de estado/qualidade ambiental e indicadores de resposta¹).

Em se tratando do processo de desenvolvimento dos indicadores ambientais, BOSSEL (2001) sugere que um aspecto crucial é a busca de indicadores apropriados que condensem informações vitais num conjunto compacto de sinais confiáveis para a gestão. É preciso, em última instância, conjuntos abrangentes de indicadores que avaliem a viabilidade de um sistema, sua performance e sustentabilidade para gestão, tendo como meta o desenvolvimento sustentável em todos os níveis, do global ao local.

Baseado nesta argumentação, BOSSEL (2001) propõe uma abordagem baseada em sistemas para a construção de indicadores que descrevam o comportamento individual e a contribuição de cada subsistema para com outro(s) sistema(s). Esta proposição parte do princípio de que uma complexa rede de sistemas que se interagem pode ser reduzida recursivamente em uma rede de sistemas individuais,

¹ De acordo com Bakkes *et al.* (1994), a atratividade deste último tipo de classificação está no fato de que políticos e cientistas são levados a raciocionar em termos de uma cadeia de causalidade, quando da interpretação e consideração de indicadores ambientais. Sua desvantagem, porém, está no fato de que o suposto relacionamento linear entre os elos da cadeia pode esconder os relacionamentos complexos dentro dos ecossistemas e de outros subsistemas (população e subsistema socioeconômico) com o meio ambiente.

cada um deles determinando sua própria trajetória e afetando um ou mais sistemas. Uma primeira tarefa para a busca de indicadores que satisfaçam essas considerações consiste em identificar os componentes essenciais de um sistema, bem como suas contribuições para o desempenho de outros sistemas.

Ainda segundo BOSSEL (2001), dentro da abordagem baseada em sistemas, a obtenção de indicadores apropriados deve seguir os seguintes passos: i. obtenção de um entendimento conceitual para o sistema total; ii. identificação de indicadores representativos, ou seja, seleção de variáveis que descrevam os componentes do sistema, que são essenciais para a viabilidade e a performance da totalidade do mesmo; iii. avaliação de performance, baseada em indicadores de estado; e iv. desenvolvimento de um processo participativo, no sentido de que é necessário que um amplo espectro de conhecimento, experiência, modelos conceituais e de preocupações sociais e ambientais garantam a construção de conjuntos abrangentes de indicadores.

REED et al., (2005) afirma que a abordagem apresentada em BOSSEL (2001) é parte de um processo mais amplo de convergência entre abordagens reducionistas e participativa para construção de indicadores que tenham como foco o desenvolvimento sustentável.

A primeira (reducionista) reconhece a necessidade de indicadores que quantifiquem as complexidades envolvidas na dinâmica dos sistemas, mas não necessariamente enfatizam a variabilidade complexa das perspectivas dos usuários de recursos. A segunda é baseada em uma filosofia participativa e os seus adeptos enfatizam a necessidade do entendimento do contexto local e questionam a maneira com a qual os *experts* estabelecem objetivos e prioridades.

Dentro da perspectiva da construção de indicadores que envolvam processos participativos, REED et al., (2005) afirmam que vincular indicadores a visões e a objetivos comunitários, potencialmente em resposta a diferentes cenários futurísticos, pode fazer com que as próprias comunidades se tornem mais ativamente envolvidas no processo de desenvolvimento. Este trabalho foi desenvolvido no município de Araras, que possui cerca de 53% de suas terras ocupadas com a atividade de cana-de-açúcar, seguida de citricultura com 19% e mata ciliar com 12%, além de culturas anuais e pastagem que totalizam cerca de

5% (TÔSTO, 2010). Para a elaboração do trabalho utilizou-se como fundamento básico a análise multicritério de apoio à decisão, que se baseia em um paradigma construtivista, que tem como objetivo gerar indicadores de sustentabilidade para dois sistemas de produção de cana-de-açúcar (colheita mecanizada e colheita com auxílio da queimada).

METODOLOGIA

Cientistas da área da Pesquisa Operacional (PO), desde a década de 1970, vem desenvolvendo métodos que visam a solucionar problemas abrangendo múltiplos objetivos. Houve a necessidade de se desenvolver novos métodos para superar as limitações, ampliando assim o corpo teórico da Pesquisa Operacional (ROSENHAD 1990).

Existem dentro da PO duas vertentes: (i) Multicriteria Decision Making (MCDM), que busca desenvolver modelos matemáticos com vistas a encontrar uma solução ótima, pré-existente às percepções dos decisores – corrente de pensamento da escola americana; e (ii) Multicriteria Decision Aid (MCDA), que busca desenvolver entendimento a respeito de um contexto, a partir das percepções dos envolvidos no processo – corrente de pensamento da escola européia (IGARASHI, 2007) ; (PALADINI, 2007).

Apesar da diversidade de metodologias, a partir de 1980, com a contribuição de pesquisadores da escola européia, principalmente o trabalho de Roy (1986), consolidou-se um corpo teórico prático em que a construção do procedimento analítico para o problema em questão é realizada em conjunto com os decisores, ou seja, com as pessoas que são conhecedoras dos problemas. Dessa forma, criaram-se as bases dos métodos multicritérios de apoio à decisão construtivista-MCDA-C (ROY, 1986).

Para a elaboração do trabalho utilizou-se como fundamento básico a análise multicritério de apoio à decisão, que se baseia em um paradigma construtivista, cujas convicções que norteiam o modelo são: (i) a consideração simultânea dos elementos de natureza objetiva e subjetiva; e (ii) a convicção construtivista, que tem a participação e a aprendizagem dos decisores como pilares do paradigma.

No processamento metodológico considerou-se três fases de execução, que podem definidas como: estruturação, avaliação e recomendações conforme ilustrado na Figura 1.

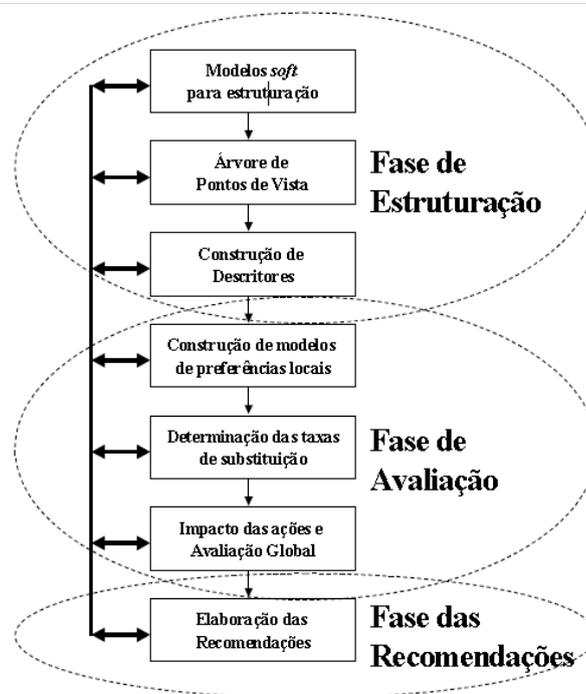


Figura 1 – Processo da abordagem multicriterial de apoio à decisão.

Fonte: ENSSLIN, S. (2001)

Para a estruturação do problema contou-se com o auxílio de um facilitador, ou seja, de um profissional possuidor do domínio das técnicas de análise multicriterial, e de um decisor com um grande conhecimento das questões ambientais da região. A partir da interação desses agentes foi possível identificar os critérios e subcritérios relevantes para a elaboração dos índices de sustentabilidade ambiental para a cultura da cana-de-açúcar, sob os dois sistemas de manejo considerados: colheita mecanizada e colheita com auxílio da queimada, conforme apresentado na Figura 2.

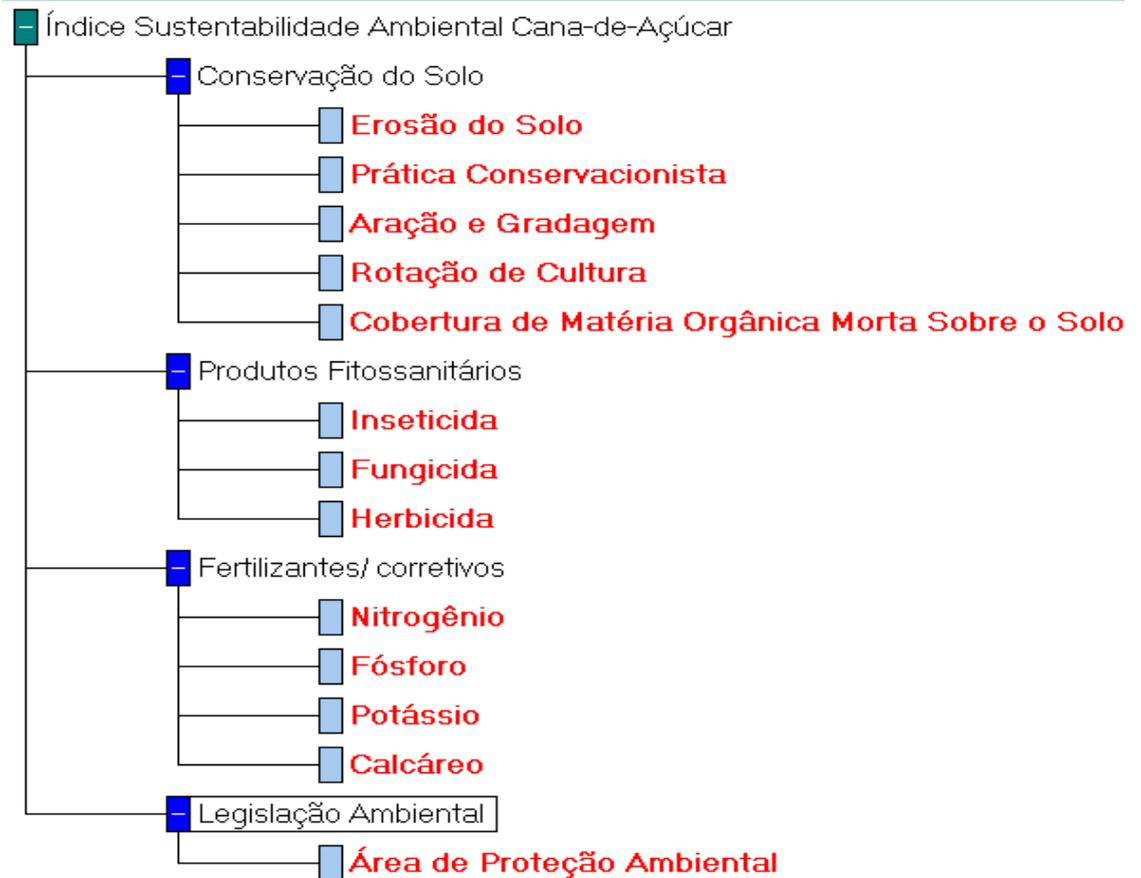


Figura 2 – Estrutura de critérios e subcritérios

Fonte: Dados gerados pela pesquisa

A seguir foi realizado o levantamento de dados e informações quantitativas referentes a cada subcritério. Para a estimativa do subcritério da taxa de erosão do solo foi utilizado o modelo USLE – Universal Soil Loss Equation (WISCHMEIER e SMITH, 1978), também conhecido por Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), adaptada para uso nas condições brasileiras por BERTONI e LOMBARDI (1978). Para os demais critérios (produtos fitossanitários; fertilizantes/corretivos e legislação ambiental) foram realizadas entrevistas junto à extensionistas rurais da Coordenadoria de Assistência Técnica de São Paulo - CATI, dois gerentes de Usina, contato direto com quatro produtores rurais, dois pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente e consulta à legislação ambiental vigente.

No processo de avaliação, utilizou-se o software - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique - MACBETH, desenvolvido por (BANA

e COSTA et. al., 1995), que emprega uma série de categorias semânticas para determinar a função de valor, através de modelos de Programação Linear. Nesta avaliação o decisor foi questionado sobre a diferença de atratividade entre duas categorias, ou seja, qual a sua percepção quanto a decisão de sair de uma categoria boa para outras piores, considerando as seguintes:

- CO: nenhuma diferença (nula)
- C1: diferença muito fraca
- C2: diferença fraca
- C3: diferença moderada
- C4: diferença forte
- C5: diferença muito forte
- C6: diferença extrema

Para a determinação dos pesos, adotou-se o método do Swing Weight (ENSSLIN et al., 2001).

Na etapa de recomendações é feita uma análise de cada critério/subcritério, a fim de identificar os piores desempenho com o objetivo de propor ações de melhorias que possam alavancar o desempenho dos mesmos (ENSSLIN et al., 2007).

RESULTADOS

A partir das interpretações geradas pelo modelo para definir o índice de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar queimada, verificou-se que o índice de sustentabilidade ambiental total foi abaixo da média, alcançando o valor de 41,8, numa escala de zero a cem conforme ilustrado na Tabela 1. Observou-se que os critérios conservação de solo e uso de fertilizantes tiveram índices abaixo da média e os critérios de legislação ambiental e o uso de produtos fitossanitários tiveram índices ligeiramente superiores à média. O pior índice ficou com o critério da conservação de solos, pois verificou-se que prática importante para o manejo e a conservação dos solos, como a adoção do uso de leguminosas, não são seguidas pelos produtores. Segundo os extensionistas rurais do município, o uso de fertilizantes nem sempre são baseados em análise de solo, o que acarreta um sobreuso e contribui para uma possível contaminação de solo e água, penalizando

o índice parcial de sustentabilidade. O índice parcial de sustentabilidade relativamente baixo para o respeito à legislação vigente, corresponde a uma taxa de ocupação de matas ciliares por cultura da cana-de-açúcar queimada, que no município é da ordem de 50% (TÔSTO, 2010).

Numa avaliação global, o baixo valor do índice de sustentabilidade ambiental paracana queimada (41,8) reflete uma condição de manejo inadequado, com graves consequências ambientais, econômicas e sociais.

Tabela 1 – Índices de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar queimada.

| Crítérios | Peso (%) | Performance dos critérios | Índice parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Conservação de solos | 28,00 | 15,91 | 4,5 | 10,8 |
| Fertilizantes | 24,00 | 48,5 | 11,6 | 27,8 |
| Legislação ambiental | 23,00 | 54,3 | 12,2 | 29,2 |
| Produtos fitossanitários | 25,00 | 53,2 | 13,5 | 32,2 |
| Índice Total | | | 41,8 | 100 |

FONTE: Dados gerados pela pesquisa

Adotando-se os mesmos procedimentos metodológicos, foi encontrado o Índice de sustentabilidade ambiental de 65,0 para a cana-de-açúcar mecanizada, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Índices de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar com colheita mecanizada.

| Critérios | Peso (%) | Performance dos critérios | Índice parcial | Contribuição (%) |
|--------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Conservação de solos | 35,00 | 88,7 | 31,04 | 48,30 |
| Fertilizantes | 20,00 | 64 | 12,8 | 15,72 |
| Legislação ambiental | 30,00 | 74 | 22,20 | 23,45 |
| Produtos fitossanitários | 15,00 | 53,2 | 7,98 | 12,21 |
| Índice Total | | | 65 | 100 |

FONTE: Dados gerados pela pesquisa, 2007

O índice maior para a cana-de-açúcar mecanizada, em relação à cana-de-açúcar queimada, se deve principalmente às melhores condições de manejo da cultura, resultando maior conservação do solo, usos mais adequados de produtos fitossanitários e fertilizantes, além de maior respeito à legislação ambiental.

A palhada da cana-de-açúcar mecanizada deixada sobre o solo proporciona melhoria nas suas propriedades física e química, reduz a perda por erosão, mantém o solo mais úmido, reduz a perda de água e disponibiliza uma quantidade de água maior para a cultura, contribuindo para uma maior produtividade. Todos esses fatores conjugados contribuíram para um melhor índice de sustentabilidade do manejo da cana-de-açúcar mecanizada.

O índice de sustentabilidade ambiental da cana-de-açúcar mecanizada foi aproximadamente 50% superior ao encontrado para a cana-de-açúcar queimada.

A partir de uma análise comparativa dos índices de sustentabilidade, verificou-se que apesar da cana-de-açúcar mecanizada ser superior, isto não reflete suas condições ótimas de exploração, necessitando portanto de melhorias de manejo, nos critérios avaliados

CONCLUSÕES

Considerando os resultados encontrados, verificou-se que o sistema mecanizado, mesmo tendo uma performance maior, refletido pelo índice de sustentabilidade, pode ser melhorado e resultar em índices ainda maiores. No caso da cana-de-açúcar queimada, deve-se utilizar o manejo mais adequado como: técnicas de conservação do solo, respeito à legislação ambiental, produtos fitossanitários alternativos com dosagens adequadas, promovendo assim um uso mais sustentável do cultivo.

O uso da análise multicritério de apoio à decisão construtivista – MCDA-C pode se constituir em uma ferramenta útil para a definição de índice de sustentabilidade ambiental.

Para estudos futuros, a inclusão de novos critérios ambientais, como: qualidade de água, emissão de gases de efeito estufa e biodiversidade, por exemplo, devem ser considerados, visando o aprimoramento metodológico e a melhor avaliação de uso das terras, dentro do contexto de sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANA E COSTA, C.A; STEWART, T. J.; VANSNICK, J.C. Multicriteria decision analysis: some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings. In: **Euro Conference**, 14, 1995, Jerusalem. Anais... Jerusalém, p. 261-272, 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3 ed. São Paulo: Icone, 1990. 355p.

ENSSLIN, L. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Ed. Insular, Florianópolis, SC. 2001.84p.

GUTIÉRREZ-ESPELETA, E. E. **Designing environmental indicators for decision makers**. International Statistical Institute. 1998. Disponível em: <<http://isi.cbs.nl/iamamember/CD5-Mexico1998/inviter/DIN7SP2.HTM>>. Acesso em: 14 maio 2009.

TÔSTO, S.G. Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP. Tese de Doutorado. Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas, 2010. 217 p.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – ÚNICA. Dados e cotações – estatísticas. Disponível em:<<http://única.com.br/dadosCotacao/estatística/>>. Acesso em 09 set 2010.

WISCHIMEIER, W. H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).